

PCT/JP 2004/016792

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

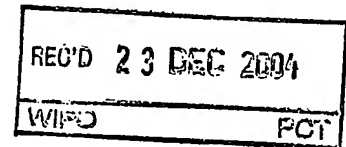
05.11.2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2 0 0 3 年 1 1 月 1 2 日

出 願 番 号
Application Number: 特 願 2 0 0 3 - 3 8 2 8 3 4
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 3 8 2 8 3 4]



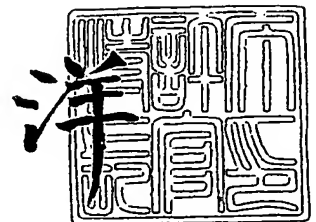
出 願 人
Applicant(s): 株式会社豊田中央研究所
トヨタ自動車株式会社

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年 1 2 月 1 3 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



BEST AVAILABLE COPY

出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 1 1 3 5 5 8

【書類名】 特許願
【整理番号】 K03-229
【提出日】 平成15年11月12日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H01L 29/78
【発明者】
 【住所又は居所】 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道 4 1 番地の 1 株式会社豊田中央研究所内
 【氏名】 河路 佐智子
【発明者】
 【住所又は居所】 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道 4 1 番地の 1 株式会社豊田中央研究所内
 【氏名】 臼井 正則
【発明者】
 【住所又は居所】 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道 4 1 番地の 1 株式会社豊田中央研究所内
 【氏名】 杉山 隆英
【発明者】
 【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内
 【氏名】 堀田 幸司
【特許出願人】
 【識別番号】 000003609
 【氏名又は名称】 株式会社豊田中央研究所
【特許出願人】
 【識別番号】 000003207
 【氏名又は名称】 トヨタ自動車株式会社
【代理人】
 【識別番号】 110000110
 【氏名又は名称】 特許業務法人 快友国際特許事務所
 【代表社員】 小玉 秀男
 【電話番号】 052-588-3361
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 172662
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 0207894
 【包括委任状番号】 0207541

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

一対の主電極と、
一方の主電極に接続されている第 2 導電型半導体領域と、
前記第 2 導電型半導体領域を囲繞するとともに、前記一方の主電極に接続されている第 1 導電型のボディ領域と、
前記ボディ領域に接するとともに、前記ボディ領域によって前記第 2 導電型半導体領域から隔てられている第 2 導電型のドリフト領域と、
前記第 2 導電型半導体領域と前記ドリフト領域を隔てている前記ボディ領域にゲート絶縁膜を介して対向しているトレンチゲート電極を備えている半導体装置において、
前記トレンチゲート電極は、トレンチ幅の異なる部分がトレンチゲート電極の長手方向に形成されていることを特徴とする半導体装置。

【請求項 2】

トレンチゲート電極のトレンチ幅の長手方向の位相が、隣接するトレンチゲート電極において揃っていることを特徴とする請求項 1 の半導体装置。

【請求項 3】

トレンチ幅の広い部分と狭い部分がトレンチゲート電極の長手方向に交互に形成されており、
トレンチ幅の幅広な部分の合計長さが、トレンチゲート電極の全長の 30～80% の範囲で形成されていることを特徴とする請求項 1 又は 2 の半導体装置。

【請求項 4】

トレンチゲート電極のトレンチ幅の異なる部分が、トレンチゲート電極の長手方向に沿って周期的に繰返されて形成されていることを特徴とする請求項 1～3 のいずれかの半導体装置。

【請求項 5】

隣接するトレンチゲート電極間の間隔の狭い領域に存在する半導体領域が、トレンチゲート電極にゲートオン電圧が印加されていない状態で実質的に完全空乏化されていることを特徴とする請求項 1～4 のいずれかの半導体装置。

【書類名】明細書

【発明の名称】半導体装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、トレンチタイプのゲート電極によって1対の主電極間を流れる電流のオン・オフを制御する半導体装置に関し、なかでもオン電圧あるいはオン抵抗を低下させる技術に関する。

【背景技術】

【0002】

バイポーラトランジスタの表面部にMOS構造を形成したIGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) が知られている。図7に、コレクタ電極Cとエミッタ電極Eの間を流れる電流をトレンチゲート電極132でオン・オフ制御するIGBT6の一例を示す。

IGBT6の表面部には、エミッタ電極Eに接続されている p^+ 型のボディコンタクト領域136と、そのエミッタ電極Eに接続されている n^+ 型のエミッタ領域134と、そのボディコンタクト領域136とエミッタ領域134を囲繞する p^- 型のボディ領域128が形成されている。 p^+ 型のボディコンタクト領域136と p^- 型のボディ領域128は同電位に維持されるために、一括してボディ領域と総称することもできる。

p^- 型のボディ領域128の下方に n^- 型のドリフト領域126が形成されており、その下方に n^+ 型のバッファ領域124が形成されており、その下方に p^+ 型のコレクタ領域122が形成されている。コレクタ領域122はコレクタ電極Dに接続されている。

エミッタ領域134とドリフト領域126を隔てているボディ領域128にトレンチが形成されおり、エミッタ領域134とドリフト領域126を隔てているボディ領域128にゲート絶縁膜133を介して対向するトレンチゲート電極132が形成されている。

【0003】

このIGBT6のオン状態の動作を説明する。エミッタ電極Eを接地し、コレクタ電極Cに正電圧を加え、トレンチゲート電極132に正電圧を印加すると、ボディ領域128のうちゲート絶縁膜133を介してトレンチゲート電極132と対向する箇所が n 型に反転する。すると電子キャリアが、エミッタ領域134から n 型に反転したチャネルを経由してドリフト領域126へ注入され、バッファ領域124内に蓄積する。電子キャリアがバッファ領域124に蓄積すると、バッファ領域124とコレクタ領域122の接触電位差が低下し、コレクタ領域122からバッファ領域124へ正孔キャリアが注入され、さらにはドリフト領域126へ注入される。これによりバッファ領域124とドリフト領域126に伝導度変調現象が起り、低いオン電圧を実現する。

コレクタ領域122から注入された正孔キャリアは、電子キャリアと再結合して消滅するか、ボディ領域128とボディコンタクト領域136を経由してエミッタ電極Eへ排出される。

【0004】

この種の半導体装置のオン電圧を低下させるために、コレクタ・エミッタ電極間の正孔キャリア濃度の増加を図った半導体装置が提案されている。

特許文献1には、ドリフト領域とボディ領域の $p-n$ 接合界面に、ドリフト領域よりも不純物濃度が高い高濃度半導体領域を形成した半導体装置が記載されている。この半導体装置によれば、エミッタ電極へ排出される正孔キャリアが、高濃度半導体領域とドリフト領域の界面に形成されるポテンシャル障壁によって、ドリフト領域内に溜まり易くなり、正孔キャリアの濃度を高くすることができる。正孔キャリアの濃度の増加に伴い、電子キャリアの注入量も増加するので半導体装置のオン電圧が低下する。

【特許文献1】特開平8-316479号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、この種の半導体装置のオン電圧をさらに低下させるためには、ボディ領

域内における少数キャリアの濃度を増大させる必要がある。特許文献1の半導体装置は、フローティング半導体領域近傍のドリフト領域内における少数キャリアの濃度を増大させることはできるものの、ボディ領域内に少数キャリアを蓄積して少数キャリアの濃度を増大させることはできない。

本発明は、ボディ領域内に少数キャリアを蓄積し、ボディ領域内の少数キャリア濃度を増大させ、半導体装置のオン電圧をさらに低下させることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の半導体装置は、一对の主電極と、一方の主電極に接続されている第2導電型半導体領域と、その第2導電型半導体領域を囲繞するとともに、前記一方の主電極に接続されている第1導電型のボディ領域と、ボディ領域に接するとともに、ボディ領域によって第2導電型半導体領域から隔てられている第2導電型のドリフト領域と、第2導電型半導体領域とドリフト領域を隔てているボディ領域にゲート絶縁膜を介して対向しているトレンチゲート電極を備えている。本発明の半導体装置のトレンチゲート電極は、トレンチ幅の異なる部分がトレンチゲート電極の長手方向に形成されている。

本発明の半導体装置は、MOSFET、IGBT、サイリスタ等であり、MOSFETであれば一对の主電極がドレイン・ソース電極であり、第2導電型半導体領域がソース領域と称される。IGBTやサイリスタであれば一对の主電極がエミッタ・コレクタ電極であり、第2導電型半導体領域がエミッタ領域と称される。

第2半導体領域はボディ領域の上部であってトレンチゲート電極に沿った位置の少なくとも一部に形成されていればよく、その形状などは適宜調整すればよい。またボディ領域は、不純物濃度が高いボディコンタクト領域と不純物濃度が低い狭義のボディ領域から構成されていてよい。不純物濃度が高いボディコンタクト領域を設けると、電極との間でオーミック接続しやすいので有利である。

【0007】

上記の半導体装置のトレンチゲート電極は、トレンチ幅の異なる部分が長手方向に形成されている。したがって、隣接するトレンチゲート電極との関係で言うと、隣接するトレンチゲート電極間の間隔が狭い領域と広い領域が、トレンチゲート電極の長手方向に形成されることになる。隣接するトレンチゲート電極間との間隔が狭い領域では、ボディ領域の表面積が減少することになる。ボディ領域の表面積が減少すると、ボディ領域を経由して主電極へ排出される少数キャリアの流動に対する抵抗が高くなる。このための主電極へ排出されるはずの少数キャリアがボディ領域内に溜まり易くなり、それに呼応して多数キャリアの注入量も増加するために、オン電圧が低下する。

なお、トレンチゲート電極のトレンチ幅の異なる部分が部分的に形成されていることが重要であり、例えばトレンチゲート電極のトレンチ幅が、全長に亘って幅広で形成されていると、オフ耐圧が劣化するという問題がある。即ち、トレンチゲート電極のトレンチ幅が全長に亘って幅広であると、ボディ領域とドリフト領域のpn接合界面の面積が減少してしまう。このため、半導体装置がオフしたときに、ボディ領域とドリフト領域のpn接合界面から広がる空乏層で保持し得る電界が減少する。その結果、トレンチゲート電極のゲート絶縁膜に電界が集中し易くなり、なかでもゲート絶縁膜の屈曲する箇所に電界が集中して半導体装置が破壊される現象が生じやすい。したがって、トレンチゲート電極は、トレンチ幅の異なる部分が長手方向に部分的に形成されていることが重要であり、換言すると、隣接するトレンチゲート電極間の間隔が広い領域が部分的に形成されていることが重要である。これにより、隣接するトレンチゲート電極間の間隔が狭い領域ではゲート絶縁膜に集中し易い電界を、隣接するトレンチゲート電極間の間隔が広い領域側へ分散させることができる。隣接するトレンチゲート電極間の間隔が広い領域で、半導体装置が破壊されることを抑制し、高い耐圧を維持することができる。

【0008】

トレンチゲート電極のトレンチ幅の長手方向の位相が、隣接するトレンチゲート電極相互の間で揃っていることが好ましい。

トレンチ幅が長手方向に変化する位相が揃っていると、トレンチ幅が幅広な部分では隣接するトレンチゲート電極間の間隔が狭くなり、トレンチ幅が狭い部分では隣接するトレンチゲート電極間の間隔が広くなる。隣接するトレンチゲート電極間の間隔が狭い領域と広い領域が、交互に形成されることになる。これによりボディ領域内に少数キャリアを蓄積することができ、オン電圧を低下させることができる。また隣接するトレンチゲート電極間の間隔が広い箇所が交互に形成されているため、ゲート絶縁膜の屈曲部に電界が集中することがなくオフ耐圧が低下することもない。

【0009】

トレンチ幅の広い部分と狭い部分がトレンチゲート電極の長手方向に交互に形成されている場合、トレンチ幅の幅広な部分の合計長さが、トレンチゲート電極の全長の30～80%の範囲で形成されていることが好ましい。

トレンチゲート電極のトレンチ幅が全長に亘って幅広であると、トレンチゲート電極のゲート絶縁膜の屈曲部に電界が集中し、オフ耐圧が低下する。一方、トレンチゲート電極のトレンチ幅が全長に亘って狭い場合は、従来から公知の半導体装置と同様であり、少数キャリアをボディ領域内に蓄積することができない。したがって、トレンチゲート電極のトレンチ幅が幅広な部分を、トレンチゲート電極の長手方向に沿って、部分的かつ離隔的に形成すると、オフ耐圧を低下させないで少数キャリアを蓄積できるようになる。

上記の半導体装置では、トレンチ幅の幅広な部分の合計長さが、トレンチゲート電極の全長の30～80%の範囲で形成されていると、ゲート絶縁膜に電界が集中してオフ耐圧が低下することなく、ボディ領域に少数キャリアが蓄積してオン電圧を低下させることができる。

【0010】

トレンチゲート電極のトレンチ幅の異なる部分が、トレンチゲート電極の長手方向に沿って周期的に繰返されて形成されているのが好ましい。

この場合、隣接するトレンチゲート電極間の間隔が狭い領域と広い領域が、長手方向に沿って周期的に形成されることになる。これにより、隣接するトレンチゲート電極間の間隔の広い領域が等間隔で形成されることになる。したがって、ゲート絶縁膜に集中し易い電界が一様に分散し易くなる。

【0011】

本発明者らは、長手方向でトレンチ幅が変化しているトレンチゲート電極による効果を詳細に検討した結果、オン電圧を低下させるだけでなく、半導体装置をターンオンしたときのターンオン時間を短縮化できることを見出した。

特に、隣接するトレンチゲート電極間の間隔の狭い領域に存在する半導体領域が、トレンチゲート電極にゲートオン電圧が印加されていない状態で実質的に完全空乏化されていると、ターンオン時間を顕著に短縮化できることを見出した。

ゲート絶縁膜と半導体領域の接合界面からは、トレンチゲート電極にゲート電圧が印加されていなくても、空乏層が広がっている。

隣接するトレンチゲート電極間に挟まれている半導体領域が狭く、ゲート絶縁膜の膜厚が最適化されていると、それぞれのゲート絶縁膜から広がる空乏層が隣接するトレンチゲート電極で挟まれている半導体領域内で繋がり、半導体領域が完全空乏化される。

この状態でトレンチゲート電極にゲート電圧が印加されると、隣接するトレンチゲート電極に挟まれた半導体領域ではそれ以上に空乏層が広がることはできないため、半導体領域にすぐに反転層が形成されることになる。

上記の半導体装置では、隣接するトレンチゲート電極間の幅の狭い部分の半導体領域に極めて短時間で反転層が形成される。ターンオン時間を短くすることができ、高速なスイッチング特性を実現する。

トレンチゲート電極間の間隔に存在する半導体領域が、トレンチゲート電極にゲートオン電圧が印加されていない状態で完全空乏化されていると、第2導電型半導体領域と第2導電型ドリフト領域の間を第1導電型ボディ層で分離しておく必要がない。トレンチゲート電極間の間隔に存在する半導体領域は、第2導電型半導体領域と第2導電型ドリフト領

域が直接接続している半導体領域であってもよく、第1導電型ボディ層を介して第2導電型半導体領域と第2導電型ドリフト領域が接続している半導体領域であってもよい。

【発明の効果】

【0012】

本発明によると、ボディ領域内の少数キャリア濃度を高くすることができ、半導体装置のオン電圧を低下させることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

最初に実施例の主要な特徴を列記する。

(第1実施形態) エミッタ電極に接続されている第1導電型(例えばp型)のボディコンタクト領域と、そのエミッタ電極に接続されている第2導電型(例えばn型)のエミッタ領域と、ボディコンタクト領域とエミッタ領域を囲繞する第1導電型のボディ領域と、ボディ領域に接するとともにそのボディ領域によってボディコンタクト領域とエミッタ領域から隔てられている第2導電型のドリフト領域と、そのドリフト領域に接するとともにそのドリフト領域によってボディ領域から隔てられているバッファ領域と、そのバッファ領域に接するとともにそのバッファ領域によってドレイン領域から隔てられているコレクタ領域と、そのコレクタ領域に接続されているコレクタ電極と、エミッタ領域とドリフト領域を隔てているボディ領域にゲート絶縁膜を介して対向しているゲート電極を備えているIGBTにおいて、そのトレンチゲート電極は、トレンチ幅の異なる部分がトレンチゲート電極の長手方向に形成されている。

(第2実施形態) ソース電極に接続されている第1導電型(例えばp型)のボディコンタクト領域と、そのソース電極に接続されている第2導電型(例えばn型)のソース領域と、ボディコンタクト領域とソース領域を囲繞する第1導電型のボディ領域と、ボディ領域に接するとともにそのボディ領域によってボディコンタクト領域とソース領域から隔てられている第2導電型のドリフト領域と、そのドリフト領域に接するとともにそのドリフト領域によってボディ領域から隔てられているドレイン領域と、そのドレイン領域に接続されているドレイン電極と、ソース領域とドリフト領域を隔てているボディ領域にゲート絶縁膜を介して対向するゲート電極とを備えているMOSにおいて、そのトレンチゲート電極は、トレンチ幅の異なる部分がトレンチゲート電極の長手方向に形成されている。

(第3実施形態) トレンチゲート電極群の平面パターンの位相が、トレンチゲート電極の長手方向で揃っている。

(第4実施形態) トレンチゲート電極の幅の異なる部分が、トレンチゲート電極の長手方向に沿って一定の周期性をもって(等間隔で)形成されている。

(第5実施形態) トレンチゲート電極のトレンチ幅が幅広な部分の長手方向の長さは、隣接するトレンチゲート電極までの間隔の5倍以下で形成されている。

【実施例】

【0014】

図面を参照して以下に各実施例を詳細に説明する。

(第1実施例) 図1には、第1実施例の半導体装置1の要部斜視図が模式的に示されている。半導体装置1はコレクタ・エミッタ電極間を流れる電流のオン・オフを制御するトレンチゲート電極32を備えた半導体装置である。

半導体装置1の構成を半導体装置の膜厚方向(図中z方向)に裏面側から説明すると、アルミニウム等からなるコレクタ電極(図示省略)と接続される p^+ 型の不純物を含むシリコン単結晶のコレクタ領域22が形成されている。そのコレクタ領域22上には n^+ 型の不純物を含むシリコン単結晶のバッファ領域24が形成されている。そのバッファ領域24上には n^- 型の不純物を含むシリコン単結晶のドリフト領域26が形成されている。ドリフト領域26上には p^+ 型の不純物を含むシリコン単結晶のボディ領域28が形成されている。

ボディ領域28を貫通してドリフト領域26に達し、そのボディ領域28にゲート絶縁膜33を介して対向しているトレンチゲート電極32が、並列に複数個形成されている(

図中 y 方向に並列に形成されている)。ゲート絶縁膜 33 は酸化シリコンで形成され、トレンチゲート電極 32 はポリシリコンで形成されている。トレンチゲート電極 32 は、トレンチゲート電極 32 の長手方向 (図中 x 方向) でトレンチ幅の幅広な部分が一定の周期で繰返して形成されている。あるいは、トレンチゲート電極 32 のトレンチ幅の幅広な部分が等間隔で繰返されているとも言える。

トレンチゲート電極 32 の平面パターンを見ると、隣接するトレンチゲート電極 32 の平面パターンの周期の位相は揃っている。したがって隣接するトレンチゲート電極 32 の幅広な部分で挟まれた間隔は狭く形成され、隣接するトレンチゲート電極 32 の幅広でない部分で挟まれた間隔は広く形成されている。その隣接するトレンチゲート電極 32 に挟まれた狭い間隔と広い間隔が、トレンチゲート電極 32 の伸びている方向 (x 方向) に交互に周期的に形成されている。

【0015】

ボディ領域 28 上部には、選択的に n^+ 型の不純物を含有するエミッタ領域 34 と p^+ 型のボディコンタクト領域 36 が形成されている。エミッタ領域 34 は隣接するトレンチゲート電極 32 間の間隔が広い領域にトレンチゲート電極 32 に接して形成されている。ボディコンタクト領域 36 は、隣接するトレンチゲート電極 32 間の間隔が狭い領域を含めてボディ領域 28 の上部に亘って形成されている。エミッタ領域 34 とボディコンタクト領域 36 はエミッタ電極 (図示省略) に接続されている。ボディコンタクト領域 36 は、エミッタ電極とボディ領域 28 を等電位に保つためのものであり、エミッタ電極とボディ領域 28 の間にオーミック接続が確保されていれば省略することができる。狭義のボディ領域 28 とボディコンタクト領域 34 を総称して広義のボディ領域といってもよい。

各半導体領域の不純物濃度は、コレクタ領域 22 が $1 \times 10^{18} \sim 1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ の範囲であり、バッファ領域 24 が $1 \times 10^{16} \sim 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の範囲であり、ドリフト領域 26 が $1 \times 10^{13} \sim 1 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ の範囲であり、ボディ領域 28 が $1 \times 10^{16} \sim 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の範囲であり、ボディコンタクト領域 34 が $1 \times 10^{18} \sim 1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ の範囲であり、エミッタ領域 36 が $1 \times 10^{18} \sim 1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ の範囲で形成されるのが好ましい。

【0016】

図 1 の平面図が図 2 に示されており、図 2 中の I-I 線矢視断面図が図 1 の正面に対応している。なお、この平面図はコレクタ・エミッタ電極間の方向に直交する面で断面視していることになる。

複数のトレンチゲート電極 32 が y 方向に並列に形成されており、そのトレンチゲート電極 32 の長手方向 (図中 x 方向) にトレンチ幅が幅広な部分 (図中 L4) が周期的に形成されている。したがって、このトレンチ幅の幅広な部分 (図中 L4) は、トレンチ幅が幅広ではない部分を含めた周期 (図中 L3) に対してある割合で形成されていることになる。換言すれば、トレンチゲート電極 32 の全長の長さに対してある割合で形成されているとも言える。この割合は、30~80% の範囲で形成されているのが好ましい。

また、トレンチゲート電極 32 のトレンチ幅が幅広な部分 (図中 L4) は、隣接するトレンチゲート電極 32 との間隔が狭い領域 (図中 L1) を形成する。同様にトレンチゲート電極 32 のトレンチ幅が幅広でない部分は、隣接するトレンチゲート電極 32 間の間隔が広い領域 (図中 L2) を形成する。この隣接するトレンチゲート電極 32 間の間隔が狭い領域 (図中 L1) と広い領域 (図中 L2) が、トレンチゲート電極 32 の平面パターンの周期に沿って、トレンチゲート電極 32 の伸びる方向 (図中 x 方向) に周期的に形成されている。

ボディコンタクト領域 36 の表面積は、隣接するトレンチゲート電極 32 間の間隔が狭い領域 (図中 L1) が形成されることで、その表面積は小さくなっている。

【0017】

半導体装置 1 がオン状態のときの動作を説明する。

エミッタ電極を接地し、コレクタ電極に正電圧を印加し、トレンチゲート電極 32 に正電圧を印加すると、ボディ領域 28 のうちトレンチゲート電極 32 と対向する箇所が n 型に反転される。そのために、電子キャリアがエミッタ領域 34 からその n 型に反転した箇

所をトレンチゲート電極 32 に沿って通過し、ドリフト領域 26 へ注入される。ドリフト領域 26 に注入された電子キャリアは、そのドリフト領域 26 内をコレクタ電極側へ向かって流れ、電子キャリアはバッファ領域 24 内に蓄積する。電子キャリアがバッファ領域 24 に蓄積すると、バッファ領域 24 とコレクタ領域 22 の接触電位差が低下し、コレクタ領域 22 からバッファ領域 24 へ正孔キャリアが導入され、さらにはドリフト領域 26 へ正孔キャリアが注入される。これによりバッファ領域 24 及びドリフト領域 26 に伝導度変調現象が起こり、低いオン電圧を実現する。

【0018】

コレクタ領域 22 からドリフト領域 26 に注入された正孔キャリアは、電子キャリアと再結合して消滅するか、あるいはボディ領域 28 とボディコンタクト領域 36 を経由してエミッタ電極へ排出される。

このとき、トレンチゲート電極 32 のトレンチ幅が幅広な部分に挟まれた領域（図 2 中の L1 に対応する領域）にはボディコンタクト領域 36 が形成されているため、このボディコンタクト領域 36 に向かって、このボディコンタクト領域 36 の下方のボディ領域 28 内に、ドリフト領域 26 から正孔キャリアが流入してくる。しかしながら、トレンチ幅が幅広なトレンチゲート電極 32 で挟まれたこのボディ領域 28 は、その幅が狭くなっているため正孔キャリアに対する拡散抵抗が大きくなっている。さらに、ボディコンタクト領域 36 の面積が小さくなっているため、その正孔キャリアに対するコンタクト抵抗も大きい。したがって、このトレンチ幅が幅広な部分に対応するボディ領域 28 とボディコンタクト領域 36 を経由してエミッタ電極へ排出される正孔キャリアに対する抵抗値が大きく、そのためボディ領域 28 内の正孔キャリア濃度が高くなる。これに伴って、エミッタ領域 34 から注入される電子キャリアが増加するのでオン電圧が低下する。

【0019】

ところで、トレンチゲート電極 32 のトレンチ幅が幅広な部分（図 2 中の L4）に挟まれた領域（図 2 中の L1）に対応するボディ領域 28 とドリフト領域 26 との間の p n 接合界面の面積は、隣接するトレンチゲート電極 32 の間隔が広い領域（図 2 中の L2）に比して小さくなっている。したがってトレンチゲート電極 32 のトレンチ幅が幅広な部分のゲート酸化膜 33 には電界が集中し易くなっている。しかしながら、第 1 実施例の半導体装置 1 では、隣接するトレンチゲート電極 32 の間隔が狭い領域（図 2 中の L1）と広い領域（図 2 中の L2）が、トレンチゲート電極 32 の平面パターンの周期に沿って、トレンチゲート電極 32 の長手方向（図 2 中の x 方向）に周期的に形成されている。そのため、隣接するトレンチゲート電極 32 の間隔が狭い領域（図 2 中の L1）に集中し易い電界を隣接するトレンチゲート電極 32 の間隔が広い領域（図 2 中の L2）側に分散することができる。したがってゲート絶縁膜 33 が破壊されるのを抑制できる。なお、上述のように集中する電界を分散させる効果を奏するには、トレンチゲート電極 32 のトレンチ幅の幅広な部分のトレンチゲート電極 32 の長手方向の長さ（図 2 中の L4 で示される長さ）は、そのトレンチゲート電極 32 のトレンチ幅の幅広な部分が隣接するトレンチゲート電極 32 間の間隔の長さ（図 2 中の L1 で示される長さ）の 5 倍以下の範囲で構成されるのが好ましい。トレンチゲート電極 32 のトレンチ幅の幅広な部分がこの範囲を超えて形成されていると、そのトレンチゲート電極 32 のゲート絶縁膜 33 の屈曲部に電界が集中し破壊される場合がある。

【0020】

第 1 実施例の変形例を図面を参照して以下に説明する。なお、第 1 実施例と略同一の構成には同一符号を付して説明を省略する。

（第 2 実施例） 図 3 に半導体装置 2 の要部斜視図が模式的に示されている。半導体装置 2 は、第 1 実施例の半導体装置 1 の構成と比較すると、エミッタ領域 34 を形成する位置が異なっている。トレンチゲート電極 32 のトレンチ幅の幅広の部分に挟まれたボディ領域 28 上部にもエミッタ領域 34 が形成されている。

この場合、トレンチゲート電極 32 のトレンチ幅が幅広な部分に対向するボディ領域 28 内に形成された反転層を、エミッタ領域 34 から注入された電子キャリアがチャネルと

して効果的に利用できる。したがって、チャネル幅が広くなりオン電圧を低下させることができる。

【0021】

(第3実施例) 図4に半導体装置3のトレンチゲート電極32の要部平面パターンが模式的に示されている。

トレンチゲート電極32のトレンチ幅の幅広な部分は、第1実施例の半導体装置1のように矩形である必要はなく、多角形で構成されていてもよい。第3実施例の場合は略六角形の形状となっている。この場合でも、第1実施例の半導体装置1と同様の作用効果によってトレンチゲート電極32のトレンチ幅が幅広な部分に挟まれた領域の正孔キャリアに対する拡散抵抗やコンタクト抵抗が高くなり、オン電圧が低下する。

【0022】

(第4実施例) 図5の半導体装置4は隣接するトレンチゲート電極32の平面パターンが線対称ではない場合が模式的に示されている。

この場合でも、トレンチゲート電極32のトレンチ幅が幅広な部分が、隣接するトレンチゲート電極32間の狭くし、その狭い間隔において正孔キャリアに対する拡散抵抗やコンタクト抵抗が高くなり、オン電圧が低下する。

【0023】

(第5実施例) 図6に半導体装置5の要部斜視図が模式的に示されている。

第5実施例の半導体装置5は、トレンチゲート電極32のトレンチ幅の幅広な部分に挟まれた領域の上部にエミッタ領域34が形成されている。また、本実施例では、トレンチゲート電極32のトレンチ幅の幅広な部分に挟まれた領域の幅(図中L1)が極めて狭く形成されている。極めて狭く形成されていると、トレンチゲート電極32にゲート電圧が印加されていない状態ではエミッタ領域34の下方に形成されているボディ領域28が実質完全空乏化される。つまり、ゲート絶縁膜32とボディ領域28の接合界面から広がる空乏層が、このトレンチで挟まれた箇所が極めて狭くなると、対向するトレンチゲート電極32から広がる空乏層が繋がるために、トレンチゲート電極32にゲート電圧が印加されていない状態でボディ領域28内が実質完全空乏化されるのである。これにより、トレンチゲート電極32にゲート電圧が印加されると、空乏層がそれ以上広がることができな

。なお、第5実施例の半導体装置5においても、ボディコンタクト領域36の面積が減少しているために、正孔キャリアに対するコンタクト抵抗が増加している。したがってボディ領域28内の正孔キャリア濃度は高くなっており、オン電圧の低下も実現している。

トレンチゲート電極32のトレンチ幅の幅広な部分に挟まれた領域を実質完全空乏化するには、その領域の幅(図中L1)とトレンチゲート電極32のゲート絶縁膜33の膜厚を適宜調整すればよい。また、この領域が実質完全空乏化される場合は、その領域の導電型は特に問題とならないため、エミッタ領域34の下方にボディ領域28が形成されていなくてもよく、エミッタ領域34がドリフト領域26に直接接していてもよい。

【0024】

以上、本発明の具体例を詳細に説明したが、これらは例示に過ぎず、特許請求の範囲を限定するものではない。特許請求の範囲に記載の技術には、以上に例示した具体例を様々な変形、変更したものが含まれる。

また、本明細書または図面に説明した技術要素は、単独であるいは各種の組合せによって技術的有用性を発揮するものであり、出願時請求項記載の組合せに限定されるものではない。また、本明細書または図面に例示した技術は複数目的を同時に達成し得るものであり、そのうちの一つの目的を達成すること自体で技術的有用性を持つものである。

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】第1実施例の半導体装置1の要部斜視図を示す。

【図2】第1実施例の半導体装置1のトレンチゲート電極の平面パターンを示す。

【図 3】 第 2 実施例の半導体装置 2 の要部斜視図を示す。

【図 4】 第 3 実施例の半導体装置 3 のトレンチゲート電極の平面パターンを示す。

【図 5】 第 4 実施例の半導体装置 4 のトレンチゲート電極の平面パターンを示す。

【図 6】 第 5 実施例の半導体装置 5 の要部斜視図を示す。

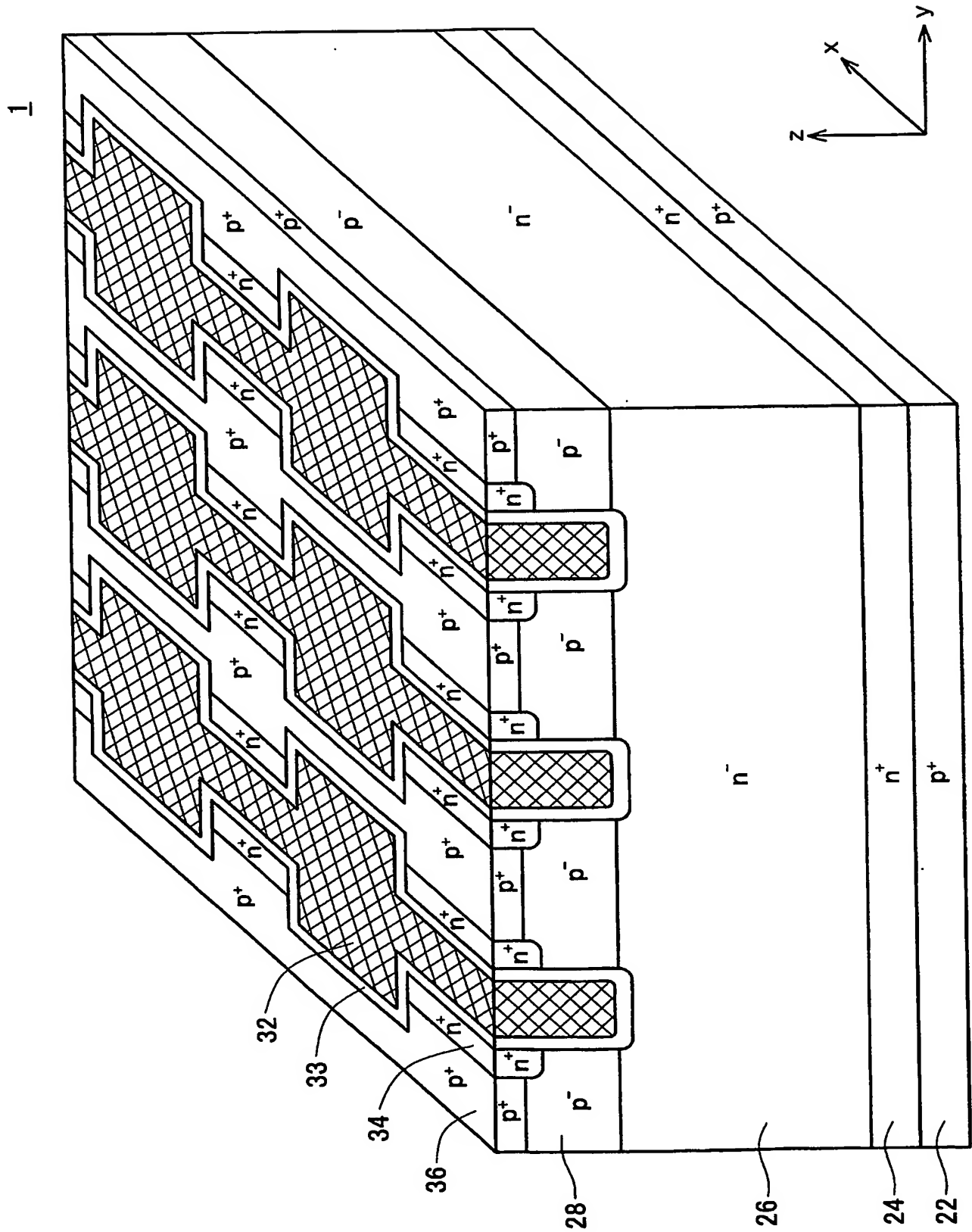
【図 7】 従来の半導体装置の要部斜視図を示す。

【符号の説明】

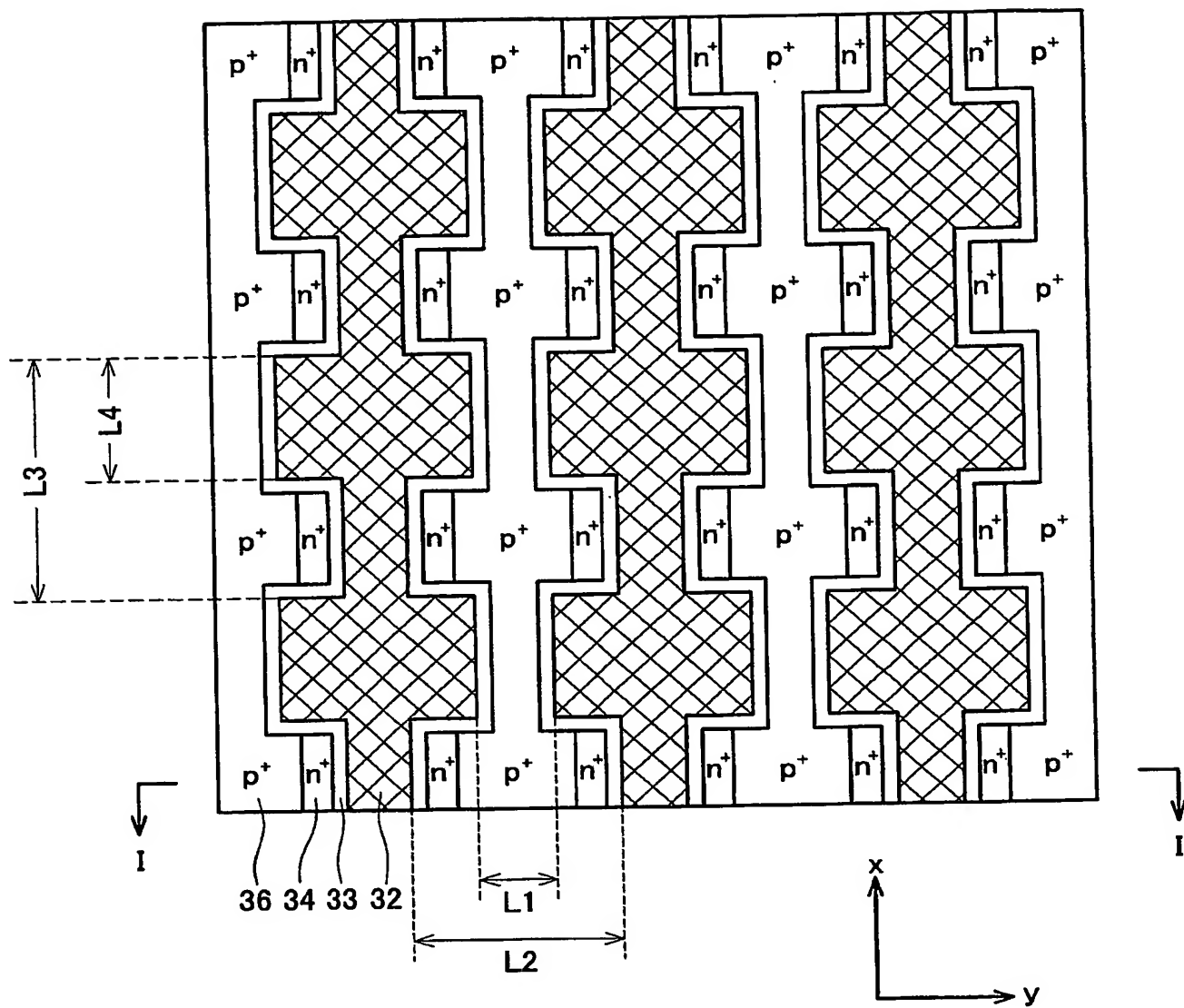
【0026】

- 22 : コレクタ領域
- 24 : バッファ領域
- 26 : ドリフト領域
- 28 : ボディ領域
- 32 : トレンチゲート電極
- 33 : ゲート酸化膜
- 34 : エミッタ領域 (第 2 導電型半導体領域)
- 36 : ボディコンタクト領域

【書類名】 図面
【図 1】

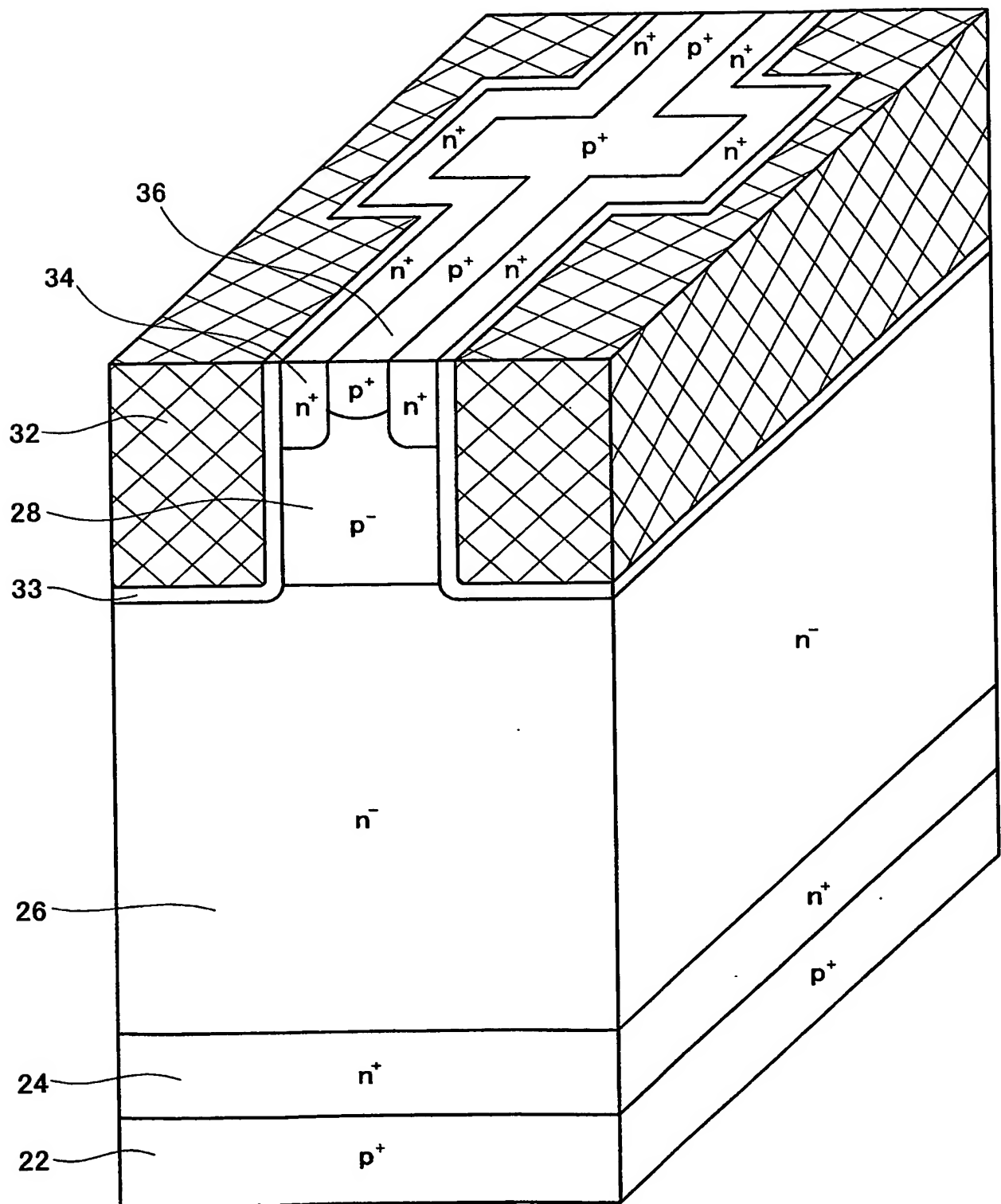


【図 2】



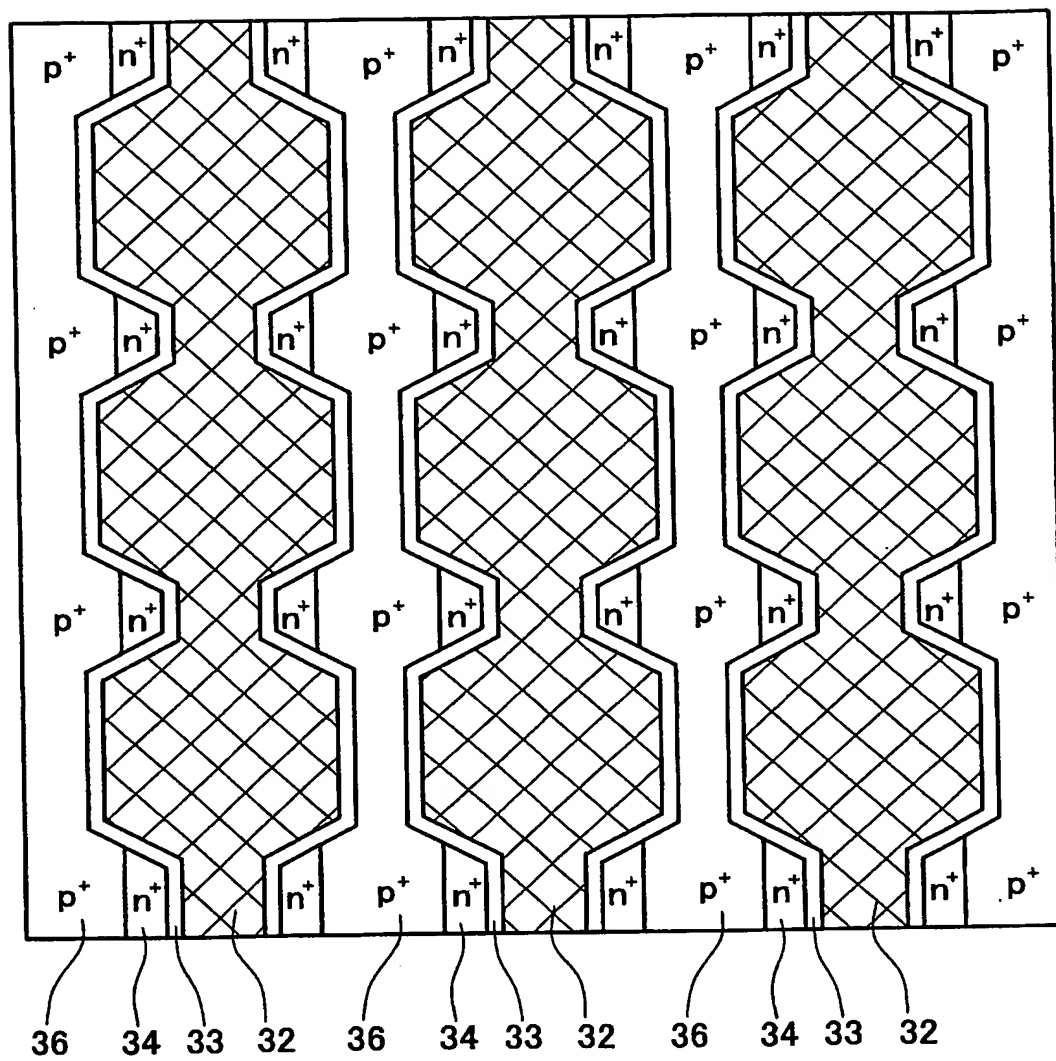
【図 3】

2



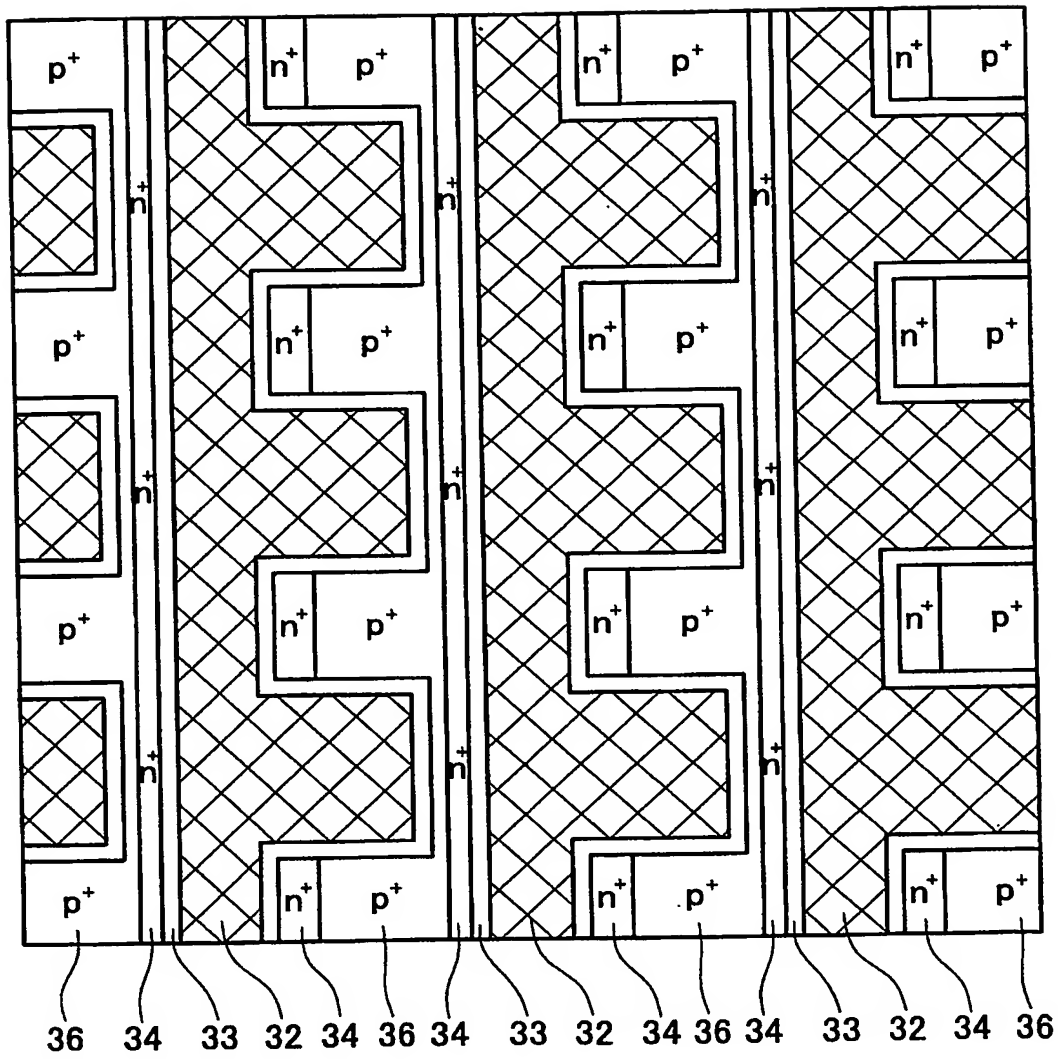
【図 4】

3

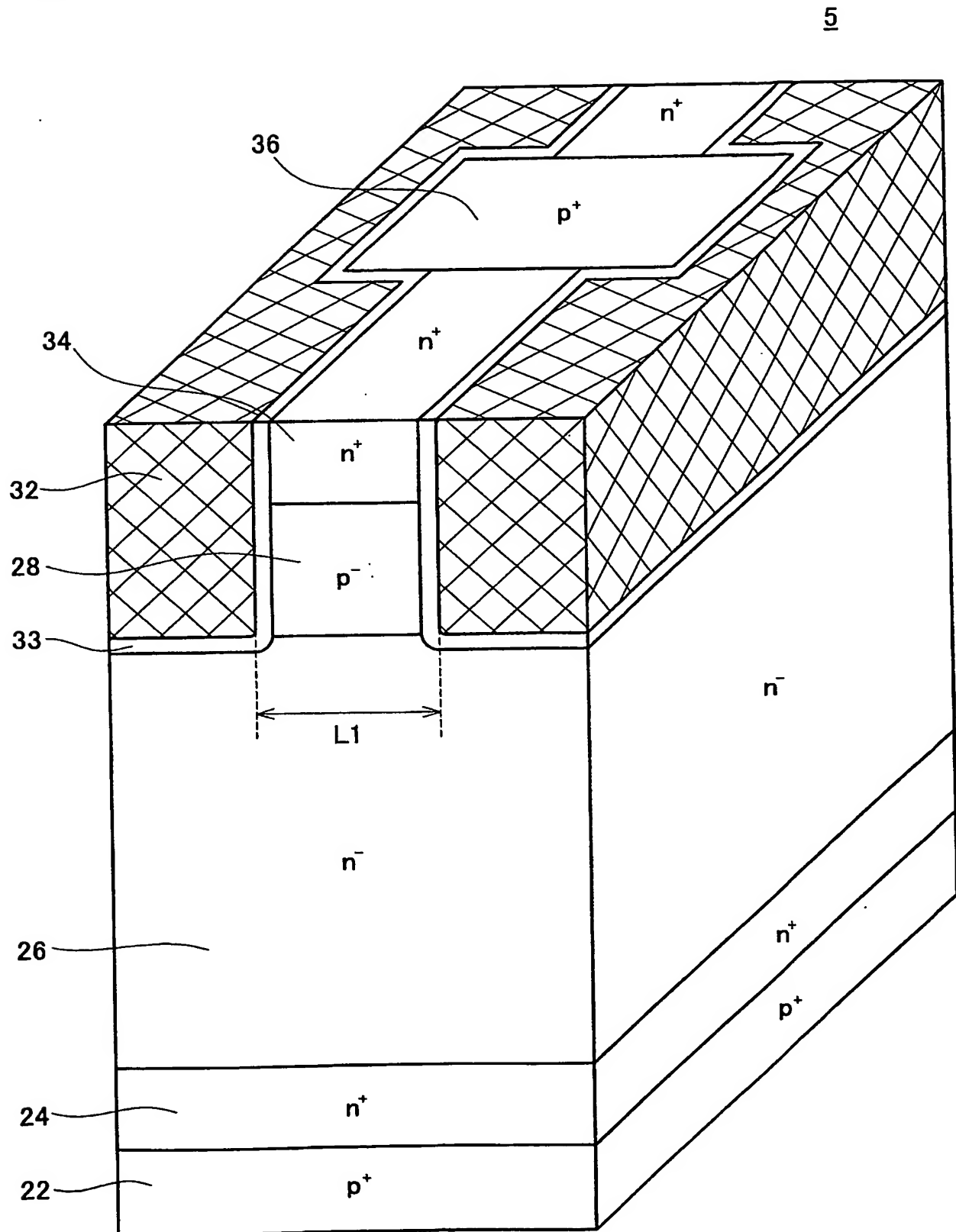


【図 5】

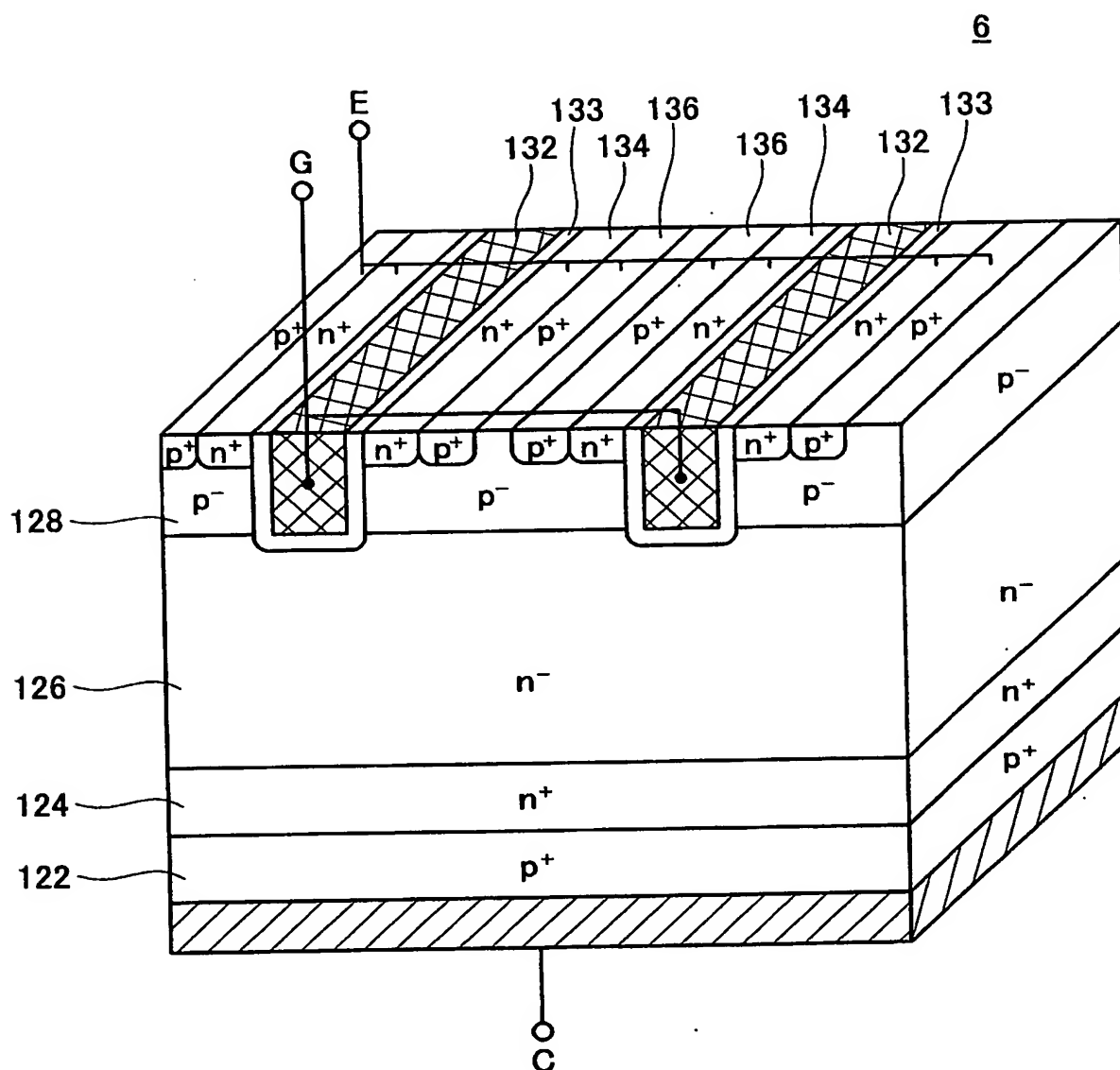
4



【図 6】



【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 ボディ領域内の少数キャリア濃度が小さい。

【解決手段】 エミッタ電極Eと接続する n^+ 型のエミッタ領域34と、エミッタ領域34を囲繞するとともに、エミッタ電極Eと接続する p^- 型のボディ領域28と、ボディ領域28と接するとともに、ボディ領域28によってエミッタ領域34から隔てられている n^- 型のドリフト領域26と、エミッタ領域34とドリフト領域26を隔てているボディ領域28にゲート絶縁膜33を介して対向しているトレンチゲート電極32とを備えている半導体装置において、そのトレンチゲート電極32は、トレンチ幅の異なる部分がトレンチゲート電極32の長手方向に形成されている。

【選択図】 図1

特願 2 0 0 3 - 3 8 2 8 3 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 3 6 0 9]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 9 月 6 日
[変更理由]	新規登録
住 所	愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道 4 1 番地の 1
氏 名	株式会社豊田中央研究所

特願 2 0 0 3 - 3 8 2 8 3 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 3 2 0 7]

1. 変更年月日
[変更理由]
住 所
氏 名

1 9 9 0 年 8 月 2 7 日
新規登録
愛知県豊田市トヨタ町1番地
トヨタ自動車株式会社

This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record.

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.